

メタ研通信

2023 年 7 月号 (No. 7)

I. 2023 年 4-6 月第 1 四半期のショートアプローチの紹介

II. 寄稿

1. 金属と著名人 金と戦国武将武田信玄

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

2. 非鉄企業現場の日常

フィリピン共和国ミンダナオ島北スリガオ州での日常生活について
Taganito HPAL Nickel Corporation 長尾 学道

III. 主任研究員レポート紹介

1. 日本のアルミニウム電線 ー電線導体の銅からアルミへの代替は進むかー

諏訪 政市 元主任研究員

2. サーキュラーエコノミー時代におけるスクラップ争奪戦への対応

桜井 文隆 元主任研究員

IV. 非鉄金属の基礎知識

2. 3. 3 非鉄金属資源の選鉱 (技術編)

*おことわり:

webに掲載されるレポート等の内容は、必ずしも日本メタル経済研究所としての見解を示すものではありません。正確な情報をお届けするよう最大限の努力を行ってはおりますが、レポート等の内容に誤りのある可能性もあります。レポート等に基きとられた行動の帰結につき、日本メタル経済研究所及びレポート執筆者は何らの責めを負いかねます。なお、本資料

I. 2023 年 4-6 月第 1 四半期のショートアプローチの紹介

2022 年 7 月より皆様と情報を共有している「メタ研ショートアプローチ」の 2023 年 4 月～6 月の発行分は、下表のとおり LME、元素、自動車、中国、リサイクル、オーストラリア、ベースメタルの 11 件になりました。

メタ研の Web 会員サイトに閲覧コーナーを設けておりますので、会員の方はぜひ閲覧ください。今後も引き続きショートアプローチコーナーに掲載した記事の表題はメタ研通信でお伝えしますのでご確認ください。

2023 年 4 月 4 日～6 月 2 2 日

No	タイトル等		カテゴリー
40	宇宙の元素存在度 -元素生々流転-		元素
	2023. 4. 4	ビックバンに始まる宇宙の歴史の中で、各種元素がどのように生成されてきたかについて解説する。	
41	クリアリングハウスについて		LME
	2023. 4. 10	LME における昨年 3 月のニッケル問題に関して、当局の捜査が史上初めて行われることとなったことに対し、LME は取引所破綻回避のためにやむを得ない措置であったと表明した。 本件に関連して破綻の連鎖を回避するための「クリアリングハウス」について、その仕組みと歴史について説明する。	
42	錫相場の急騰		LME
	2023. 4. 26	4 月 1 7 日に発生した上海先物取引所での錫価格の高騰とそれに続く LME への影響等について説明するとともに、価格急変時の取引所の在り方について見解を述べる。	
43	電気自動車と材料（4） -軽量化-		自動車
	2023. 4. 28	電気自動車は重量物である電池を搭載するため、ガソリン車に比べ 200 から 300kg 重くなっている。このため材料を中心に軽量化のための様々な取り組みが行われている。具体的な事例を示しつつ、将来的な材料自体の低 CO2 化についてもレポートする。	

	中国、アルミニウム、その周辺（３）（企業の形態）		
44	2023. 5. 9	中国では近年国有企業が重視される「国進民退」の状況が進みつつある。一方、そもそも国有企業と民間企業の定義が明確でなく、色々な企業形態が存在する。 アルミ業界や銅業界を例に中国の企業形態の特長や党との関係などについて解説する。	中国
	地球の元素存在度 - 残り物に福あり -		
45	2023. 5. 15	地球の元素存在度に関して、地球誕生からの歴史との関係や、それぞれの元素の存在度の理由、日本における鉱床の特長などについて解説する	元素
	「循環型産業の高度化」（５）		
46	2023. 5. 23	「環境」と「個人情報保護」を経営方針に掲げた非鉄金属スクラップ問屋 東京都墨田区で三代90年の故銅問屋を営む増岡商店は、自らの事業を「非鉄金属リサイクルの事業活動を通じて地球環境との共生と調和を経営の重要課題」として取り組みつつ、リサイクル原料供給元の情報管理にも配慮した活動を行っている。 本レポートでは同社の各種の取り組みについて報告する。	リサイクル
	金利上昇局面での足元の銅相場と超先物相場		
47	2023. 6. 2	最近の LME 銅先物価格の動きを題材に、先物取引における価格形成原理とドル金利の関係を解説するとともに、過去には考えられなかった5年物・10年物といった超先物での価格状況について所感を示す。	LME
	電気自動車と材料（５） -効率化-		
48	2023. 6. 8	電気自動車はガソリン車に比べパワーユニット（インバーター・モーター）の効率が高い一方で、電費（燃費）改善余地が少ない状況にある。解決策として、軽量化や電気損失の低減、モーター等の効率向上等の方策が求められているが、その実現には各種材料の開発と安定供給が重要である。	自動車

49	オーストラリアの重要鉱物政策		オーストラ リア
	2023. 6. 13	資源大国であるオーストラリアの重要鉱物政策の概要、米 国・日本等との国際協力の動き等最近の状況について解説 する。	
50	中国の亜鉛輸出入について		ベースメタ ル
	2023. 6. 22	亜鉛地金生産、消費ともに世界シェアのほぼ半分を占める 中国は長らく亜鉛純輸入国であったが2022年、15年 ぶりに純輸出国となった。背景としてエネルギー価格の高 騰に伴う欧州での亜鉛製錬所の減産や LME での亜鉛在庫の 減少があげられる。2023年において、この状況がどの ように変化するか考察する。	

II. 寄稿

1. 金属と著名人 第4話 一金と戦国武将武田信玄一

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

日本で金が体系的な通貨として最初に用いられたのは、戦国武将武田信玄（晴信）（1521-1573年：図版1）のもとで流通した「甲州金」であろうとされている。当初は甲州では刻印



図版1 武田信玄肖像
高野山持明院所蔵

もない粒状の「碁石金」（写真1）を褒賞として使用していた。目方は1匁（3.75g）～4、5匁で不揃いであった。武田氏の戦略・戦術を記した軍学書「甲陽軍鑑」には1570年頃の記載として「当座の褒美として、碁石金を信玄公の自身両の手に御すくひなされ、三すくいを川原村「伝兵衛」に下さる」と記されている。戦国期にあつては、「碁石金」は運搬が容易でどこでも通用し、恩賞としての絶大な効果があつた。

甲州金は円形の薄延金に額面を打刻した、日本で最初に体系的に整備された計数貨幣で、甲斐国内で流通した。それまでのように計量して使う秤量貨幣にとって代わつた。一部に二進法を含む四進法で設定され、中核を一兩判（金15g）とし、分（1/4兩）、朱（1/4分）、朱中（1/2朱）、糸目（1/2朱中）、小糸目（1/2糸目）、小糸目中（1/2小糸目）等の額面貨幣が造られた。今もよく使われる「糸目をつけない」（惜しげもなく金品を使うこと）の慣用表現は、一説にはこの古甲金の量目や形態に由来するとも言われている。

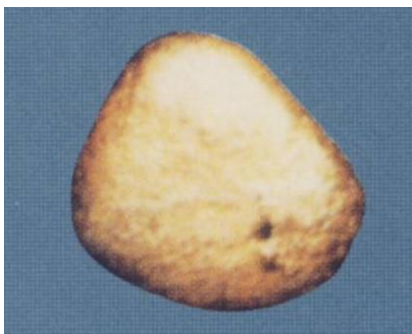


写真1 碁石金
甲斐黄金村・湯之奥金山博物館展示図録.

判金屋（甲州金座、判屋、金屋、判金屋他）であつた松木、志村、野中、山下氏は古甲州金を請負製造した。その後、慶長14年（1609年）、松木氏が甲州金の独占的製造権と極印権を特許され、甲州金の基本形態の定式化はここから始まっていったと推察される。

「古甲金（古甲州金）」（写真2）は元禄9年（1696年）以前に製造されたものを一括して称し、その基本形態の種類には、碁石金（露金）、太鼓判、方形板金、蛭藻金などが存在する。一方、宝永4年（1707年）以降に製造されたものを「新甲金」（新甲州金）と称し、古甲州金と区分される。（写真3）「甲安中金」「甲安今吹金」「甲重金」「甲定金」の4種類があつた。



信玄は武田信虎(1498-1574年)の嫡男で、学問、武術とも優れていた。甲斐領民への施政を軽んじた信虎とは不仲で、遂に天文10年(1541年)信虎を駿府に追放して家督を相続した。天文11年(1542年)には信州諏訪を侵略、信濃の平定にかかった。今川・北条との関係を安定化するために、甲斐・駿河・相模の三国同盟を締結した。天文22年(1553年)、北信濃の豪族の要請を受けた越後の上杉謙信(長尾景虎:1530-1578年)は信濃出兵を開始、川中島で信玄と対峙したが、勝敗はつかなかった。

甲斐・信濃は南の同盟国の駿河から食塩や魚介類を得ていたが、永禄10年(1567)、突然、信玄が甲相駿三国同盟を破棄した。これにより駿河と相模は武田領内への塩の禁輸政策をとった。甲斐・信濃では塩分が欠乏して、領民の健康被害が懸念される事態となった。敵対していた越後の謙信が、苦難を救うべく日本海側から塩を送ったという伝説から「敵に塩を

送る」ということわざが生まれたとされる。しかし、塩の授受に関する信頼性のある記録はなく、これは後年になって創作された故事であると解されている。

武田氏は金山の稼行に従事していた技術集団を「金山衆」と呼称した。金山衆は間歩主(=金山掘場の権利者)で、配下に鉱山技術者を擁し、武田氏に一定の産金を税として収めて金山を経営した他に、要請に応じて戦いにも参加した。信玄は彼らの持つ土木技術を城攻めなどにも利用した。元龜2年(1571年)、北条氏の属城であった駿河深沢城(静岡県御殿

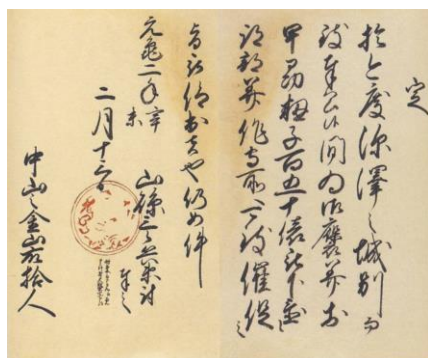
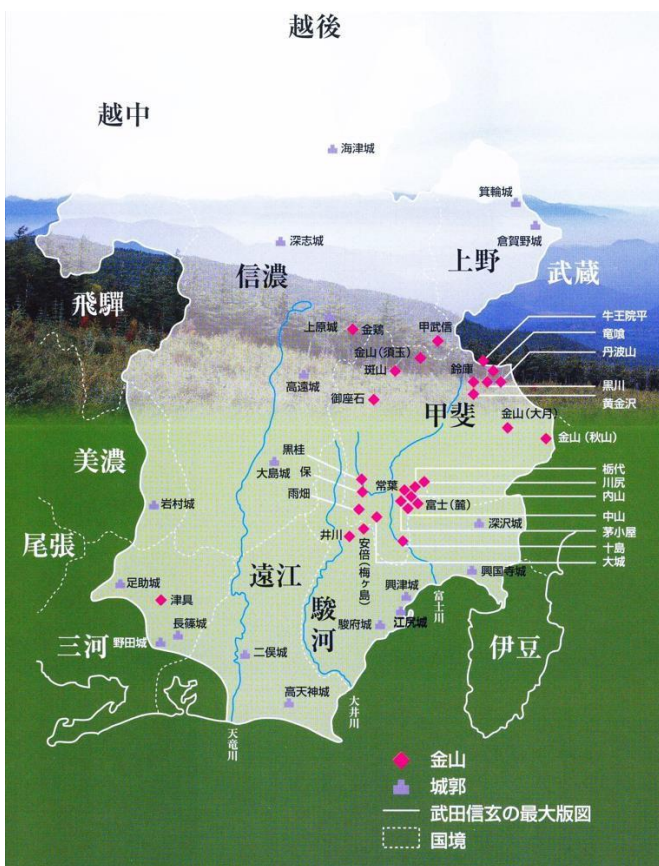


写真4 武田家朱印状写 (注-1)



図版2 武田氏の最大版図と領内の金山分布
甲斐黄金村・湯之奥金山博物館展示図録。

場市) 攻めでは外郭の破壊に金山衆たちが活躍したとされる。戦功をたてた金山衆には褒賞(写真4)のほか、関所の通行税の免除、田地の検地免除など特権が与えられた。

信玄は、甲斐をはじめ信濃、駿河で金山(図版2)経営の奨励を行い、領内での産業振興に注力し、漆や和紙など特産品の生産を推奨した。また街道の整備や治水工事「信玄堤」の築堤など公共事業にも注力した。

さらに信玄は三河と遠江の侵攻を開始、元亀3年(1572年)には、織田信長と対立していた室町幕府15代将軍足利義昭の要請に応じて上洛を開始するも、啖血で倒れ甲斐に引き返す途中、元亀4年(1573年)三河街道上の信濃国駒場(長野県下伊那郡阿智村:写真5)で死去したとされる。

信玄が詠んだ和歌「人は城、人は石垣、人は堀、情けは味方、仇は敵なり」は有名で、人材の能力を見極めて適材適所で配置し、能力を十分に発揮できる集団を組織すること、信頼してこそ人は尽くしてくれるが、不信感を持つと敵対することになると教訓を残している。

武田家は天正3年(1575年)の長篠の戦いで敗れ、天正10年(1582年)信長・徳川家康連合軍の侵攻(甲州征伐)によって滅亡する。武田氏の親族で重臣であった穴山信君(1541-1582年)は天正9年(1581年)頃に家康を通じて信長に「黄金200枚」を差し出して投降したとされるが、それらは支配地域の甲斐から産出したものかもしれない。

豊臣秀吉は天下統一をなし遂げると、全国の金山・銀山の収益を独占し、金貨・銀貨の鑄造をはじめた。

信玄の家臣として財政や金山管理をしたとされる大久保長安(1545-1613年:写真6)は、経理や管理の才能を認められ、新たに家康の家臣となって、武田家滅亡後の甲斐



写真5 信玄塚
長野県下伊那郡根羽村横旗 (注-2)



写真6 大久保長安座像
新潟県佐渡郡相川町 大安寺蔵

の混乱を收拾すべく堤防復旧や新田開発、金山経営などに尽力し、わずか数年で甲斐の内政を再建したといわれている。その後、天正19年(1591年)に武蔵国八王子に所領を与えられ、宿場町の整備を進めた。

慶長5年(1600年)の関ヶ原の戦い後、豊臣氏の支配下にあった佐渡金銀山や生野銀山などが全て徳川氏の直轄領になったため、石見銀山、佐渡金銀山や生野銀山の検分役や接收役を務め、慶長6年(1601年)に甲斐奉行、石見奉行、美濃代官兼任に任じられた。慶長8年(1603年)には佐渡奉行、所務奉行(後の勘定奉行)兼任に任じられ、同時に年寄(後の老中)に列せられた。慶長11年(1606年)には伊豆奉行にも任じられ、全国の金銀山の統轄や、関東における街道の整備など一切を任された。

長安が佐渡金銀山で導入した制度の中に「御直山制」と「荷分法」がある。「御直山制」は鑿や鍛冶炭、蠟燭を公給とし、代金は採掘された鉱石を「荷分法」によって採掘者と奉行所とで一定の割合で分けた。信玄のもとで金山経営の技術と知識を身に付けていた長安は、鉱山経営の改善策を次々に打ち出し、佐渡金銀山は大幅な増産によって最盛期を迎え、江戸幕府の財政に大きく寄与した。信玄が遺した貨幣制度や鉱山経営のノウハウは、しっかりと家康の江戸幕府に継承されていったのである。

甲州金の制度は、家康が全国に拡大した金貨制度に先行し、江戸幕府の貨幣制度の参考とされた。ただし、江戸金座と甲州金座の間に何ら互恵関係も相互交流もなかったとされる。

「甲定金」は享保17(1732)年まで鍛造が許容され、地域限定通貨として存続した甲州金だったが、幕末の幕府が実施した金貨吹替で金位・質量ともに貴金屬的価値を低下させたことに伴い、江戸小判に対する甲州金の両替相場が相対的に高騰、退蔵や国外流出が起こるようになり、やがて甲州金は市中から姿を消すこととなった。明治4年(1871年)の新貨条例施行の際、甲州金はいよいよ通用停止・廃貨とされ、その歴史的使命を終えた。

注-1) 元龜2年(1571)2月13日「判物証文写」武田一中山金山の「金山衆拾人」に対して駿河深沢城攻略への褒美として「靱子150俵」を与えたことを記した文書(内閣文書蔵)

注-2) : 元龜4年(1573年)4月12日信玄が甲斐に引き返す途中で他界した場所は、家康の外孫である松平忠明が記した「当代記」に、「四月、信州駒庭(駒場)に於いて武田信玄卒年五十三」とあることから、長野県下伊那郡阿智村駒場が有力とされるが、「甲陽軍艦」には「信玄公ねばねにて御他界」とあり、定まっていない。遺言により死後3年間は信玄の死は隠匿された。

参考文献

荒木信義(編)(2006): 黄金島・ジパング～謎解き・金の日本史. NHK 知るを楽しむ 歴史に好奇心. 日本放送出版協会.

伊東潤(2007)：武田家滅亡。株式会社KADOKAWA.

甲斐黄金村・湯之奥金山博物館(2006)：甲斐黄金村・湯之奥金山博物館展示図録.

永井久美男(2003)：甲州金から慶長小判へ。金山史研究第4集。甲斐黄金村・湯之奥金山博物館。pp.153-165.

西脇康(2003)：甲州金の形態分類—金貨図と奥山コレクション。金山史研究第4集。甲斐黄金村・湯之奥金山博物館。
pp.21-56.

西脇康(2016)：甲州金の研究—史料と現品の統合試論—。日本史史料研究会研究選書11。日本史史料研究会企画部。

山岩淳(2020)：大久保長安 家康を創った男！摇篮社。

2. 非鉄金属企業の日常

ー フィリピン共和国ミンダナオ島北スリガオ州での日常生活について ー

Taganito HPAL Nickel Corporation 長尾 学道

1. Taganito HPAL Nickel Corporation (以下、THPAL) の紹介

THPAL は、住友金属鉱山株式会社（以下、SMM）にとってフィリピンで 2 つ目の生産拠点であり、2013 年 10 月から操業を開始した。従来は製錬の対象とならなかった低品位のニッケル酸化鉱から、HPAL（高圧硫酸浸出）法によりニッケルとコバルトを生産している他、2018 年にスカンジウム、2021 年にはクロマイトの回収を始めている。パートナー企業である Nickel Asia Corporation（以下、NAC）傘下の現地鉱山会社 Taganito Mining Corporation より産出されるニッケル酸化鉱を原料にして上記技術によりニッケル・コバルト混合硫化物を製造し、SMM の精錬工場であるニッケル工場（愛媛県新居浜市）と播磨事業所（兵庫県加古郡）へ供給するサプライチェーンを構築している。これら日本の工場で電気ニッケルやニッケル塩類が生産され、一部は更に二次電池の正極材に加工され、最終的に当社のニッケル・コバルトは特殊合金や電気自動車向け二次電池などに使用されている。



工場全景

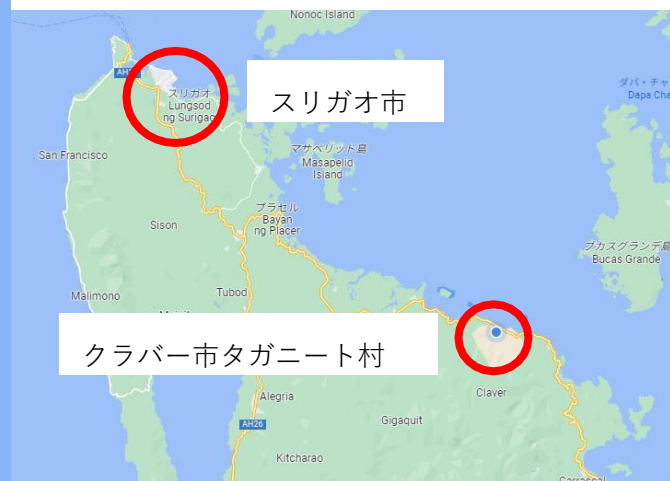
株主構成は SMM : 75%、三井物産株式会社 : 15%、NAC : 10%であり、従業員数は日本の SMM から派遣された駐在員とフィリピン人社員、常駐協力会社の従業員を含めると 4,000 名超がプラントで勤務している。

工場運営に欠かせない地域貢献活動では、当社事業に関連するフィリピン鉱山法が定める Social Development Management Program (以下、SDMP) に基づいて社会開発費を拠出している。プラントの位置する4つの村および同一市内に隣接する他の10の村、先住民と協議して、その開発費の割り当てや使い道を決定している。主な用途は、奨学金の支給、学校や教会・体育館などの施設建設、外科手術などの医療提供プロジェクト、稲作や養殖の技術支援、リサイクル工場の建設と運営支援、広報誌の配布など、細かく分類していくと年間 2,000 件近くの社会貢献活動を「支援活動を通じた地域社会、住民の自立」をテーマとして実施している。



北スリガオ州の位置

(Google Map)



THPAL が所在するクラバー市タガニート村の位置

(Google Map)

2. THPAL 周辺の街・文化・気候

ミンダナオ島最北部にある北スリガオ州は、首都マニラからフライトで 2 時間半、観光地セブからは同じく 1 時間ほどの場所に位置し、最寄り空港のあるスリガオ市から南東へ 70 kmほど離れたクラバー市タガニート村に THPAL がある。

空港の滑走路と平行する通り沿いにショッピングモールや日本でなじみのファストフード店が立ち並び、海沿いの観光ホテルを含む立派な市街地を形成しているスリガオ市と比較すると、クラバー市中心部の発展はこれからである。さらにタガニート村に目を移すと、最近漸くセブンイレブンが村内に開店したものの、日本の食材を調達するには、やはりマニラやセブでないと十分に整わないのが現状である。

そんな普段は静かな村もフィリピン恒例の年一回のお祭り（フィエスタ）が始まると、一気に活気づきにぎやかになる。家族全員で食事をして、友人や近隣の人、さらにはフィリピン人特有のホスピタリティーが存分に発揮され、見ず知らずの人にまでもてなしがなされる。また町の中心では屋台などが並び、深夜まで賑わいをみせる。村が招聘する歌手やバンドのパフォーマンスも彼らにとっての楽しみのひとつだ。このフィエスタの開催費用の一部は上述の SDMP から拠出しているのだ



クラバー市フィエスタ

が、人気女装パフォーマーのあおりとそれに呼応する観客とでつくられる会場の一体感たるや、筆舌に尽くしがたいものがあった。過去、日本の鉱山開発地においても、都市部から演劇を呼んだり、酒の醸造をしたりと、鉱山に住む社員とその家族にとっての娯楽を充実させる取り組みがあったが、それに類似する取り組みだと理解している。

気候面で特筆すべきは、工場所在地はとにかく雨が多く、2022 年の年間降水量は、日本の最大降水量である 3,000mm を大きく上回った。降雨の 7 割程度は 11 月から翌 3 月の雨季に集中して降っており、1,000 mmを超えた月もあった。曇り空と突然のゲリラ豪雨が毎日続くような雨季になると気分もうつむきがちになる一方で、大雨による操業への影響や、大雨に備えた周辺住民への支援など、自然を相手に安定的に事業を継続するために多大な労力を費やしている。周辺地域に被害の爪痕を色濃く残した 2021 年末の台風 Odetta の通過もその一例だが、社員の粘り強い復旧対応に、頼もしさを感じたことはまだまだ記憶に新しい。

3. 駐在員の生活

日本人駐在員は、プラントサイトから車両で移動可能な距離にある寮エリアで生活を送っており、フィリピン人の学卒社員も同エリアに居住している。安全を考慮して、駐在員が寮とプラントの外に出るのは基本的にこの往復の移動と、寮エリア周辺の指定された散歩コースのみであり、外出は制限している。プラントサイト・寮エリアにおいて安全のための警備を敷いていることは、特異な点である。



近隣の島から撮影、海を挟んで鉱山が見える

このような制約によって、休日は寮エリアで過ごすことが大半であるため、寮エリア内にはトレーニングジム・図書室、屋外にはテニス/バスケットコート・（小規模な）ゴルフ練習場など福利厚生施設を少しずつ整備し、駐在員のちょっとした息抜きに役立っている。また、乾季になり晴天に恵まれると近隣の島への日帰り旅行がリフレッシュを図る絶好の機会であり、シュノーケリングや BBQ などに

興じている。そのような日帰り旅行でも、担当社員たちが駐在員のために事前準備や当日の支援に活躍してくれている。

4. フィリピンの食文化・THPAL での食事

次にフィリピン料理について紹介したい。まずは、お祭りや結婚式、誕生日などのイベント事には欠かせない「豚の丸焼きレチョン (Lechon)」 (右写真)。レモングラス、玉ねぎ、にんにくなど様々なハーブを詰めた豚をじっくりと炭火で焼き上げて作るフィリピンの郷土料理で、皮はあめ色にパリッと仕上がりと、中はジューシーな肉汁がこぼれる、まさに御馳走だ。続いては、フィリピンの B 級グルメ「シシグ (Sisig)」 (写真 2 番目)。細かく刻んだ豚肉をしょう油、ビネガー、にんにく、唐辛子で炒めた鉄板料理で、豚肉の代わりに鶏レバーや魚を使ったものもある。会社施設では Php180 - 200 (日本円で 400 - 450 円) と安価に提供されており、フィリピンブランドのサンミゲルビールにもよく合う。



フィリピンを代表する「ラブラブ (Lapulapu)」 (写真 3 番目) はハタ科の高級魚で「魚の王様」とも呼ばれる。瀬戸内海周辺で高級魚とされるアコウと同種の魚と聞く。たんぱくな白身魚で日本人の舌にも馴染みやすく、刺身、天ぷら、煮つけなど色々な料理方法で食べられる。



会社の食堂で提供される「バンガス (Bangus)」もフィリピンを代表する魚で、お腹が白いことから「ミルクフィッシュ」とも呼ばれている。小骨が多いので好んで食べている駐在員は少ないが、先述した SDMP でバンガスの養殖事業も支援しており、研修会を通じて地元住民による養殖技術はもちろんのこと、取れた魚を処理・加工する技術の習得・向上も図っている。鮮魚として、また、つくねやマリネなどの加工食品として、地元の市場で販売されている。

最後に、社内での食事提供について紹介したい。工場敷地内には食堂業者 2 社が常駐し、常時 14 - 15 種類の豊富なメニュー取り揃えており、朝・昼・晩の都度、自社で調理したメニューに入れ替えてくれるので、日勤・夜勤関わらず安心して食堂で腹ごしらえできる。

駐在員は、工場敷地内の食堂で他の社員と同じメニューを注文することもできるし、寮で調理した日本食の弁当（ご飯・味噌汁セット）を工場にデリバリーしてもらうことも可能となっている。寮エリアで調理を担当する会社とは、“Happy Meal Happy Life Committee”（注：筆者の上司が名付け親）と称する会合を定期開催し、メニューや味付けに関して議論・注文したり、駐在員対象に毎食の副菜の点数をつけてもらうアンケートを実施したり、時には駐在員自ら調理手順を指導したりと、feedback の頻度を増やして、料理の品質向上、ひいては駐在員の満足度向上に努めている。このような日々の地道な努力の積み重ねが、美味しい食事を海外で確保するには欠かせない。まさに「ローマは一日にして成らず」だ。



ある日の日本食弁当
(豚肉と野菜のみそ炒め、焼き魚、キムチ)



新作和風ラーメンを指導中

参考文献：[フィリピン料理 |](#)
[【公式】フィリピン政府観光省](#)
(philippines.travel.in)

III. 主任研究員レポート紹介

1. 日本のアルミニウム電線 – 電線導体の銅からアルミへの代替は進むか–

(諏訪 政市 元主任研究員)

日本の空調機器業界では、最大手のダイキン工業をはじめとしたエアコンメーカーが空調設備に使用される銅のアルミニウム（以下アルミ）への素材代替を加速させている。ダイキン工業は、国内の熱交換器、銅管や銅巻線等の銅使用量を 2022 年半ばまでに 60%削減すると発表した。

世界の電線・ケーブル業界では、2015 年が電線・ケーブル導体の銅からアルミへの代替の動きが注目された年であった。2015 年 6 月に広州市（広東省）で開催された、メッセ・フランクフルト広州（Guangzhou Guangya Messe Frankfurt Co., Ltd.）主催の“広州・電線ケーブル・付属品国際展示会”（Guangzhou International Wire, Cable and Accessories Fair）で、多くの中国電線メーカーのブースでアルミ導体の電力用ケーブルが展示されていたのを思い出す。

それまで、世界の電線・ケーブル市場における、絶縁電線・ケーブル用導体の銅からアルミへの代替という流れは徐々に進んではいたが、この緩やかな流れに大きな刺激を与えたのが中国政府による「建設用架橋ポリエチレン絶縁ケーブル（以下 CV）」の導体の銅からアルミへの代替を推奨する国家標準を制定するという思い切った政策であった。2015 年 4 月に、中国国家エネルギー局（能源局）が「低圧アルミ導体 CV ケーブル」の産業規格を正式に公布したことにより、それまで低圧電力ケーブルのアルミの使用率（絶縁電線・ケーブルにおける導体のアルミと銅の使用重量比率、以下アルミ率）が 7%程度であった中国が政府の指導の下で余剰アルミを使用することにより、アルミ率が大きく増加する可能性がにわかに生まれた。

折しも、日本では自動車用ワイヤハーネス（以下 WH）用電線のアルミ化が話題となっており、日本電線工業会（以下 JCMA）において絶縁電線・ケーブルの導体アルミ化に対する取り組みが始まっていた。

日本メタル経済研究所では、2016 年 1 月に、世界主要国の電線アルミ化の現状調査及びアルミ化の課題と将来展望について纏めた、調査報告書 No. 220 「電線のアルミ化は進か」（飯塚久夫元主任研究員・諏訪の共著）を発行した。

当時、世界各国の絶縁電線・ケーブルの生産量・消費量等のデータを、協力関係にあった英国の調査会社である Integer Research（以下 Integer）より提供を受けていたが、Integer は 2018 年 10 月に英国の調査会社 Argus Media Limited（以下 Argus）に買収された。その後、Argus は 2021 年に電線・ケーブル市場調査事業から撤退した。

報告書では、データとしては少々古いですが、Integer から入手した 2017 年の各国の品種別アルミ率を使用している。Integer のデータによれば、電線・ケーブル生産量が多い主要国のアルミ率の平均は 13%であり、日本のアルミ率は 5%と低い。

アルミ導体絶縁電線・ケーブルの普及には、夫々の国で特長があるものの、アルミ率は急激に増加したり減少したりするものではない。

報告書は、日本で使用されているアルミ導体の電線・ケーブルを網羅的に紹介すると共にどのような品種で、どのように導体の銅からアルミへの代替が進捗しているのかを改めて調査したものである。

報告書では、日本では馴染みが薄いアルミ電線を理解するために、その「開発の歴史」、「品種」及び「用途」、「市場」、導体材料である「アルミ荒引線」、「日本のアルミ荒引線メーカー」等について紹介した。

日本のアルミ導体の電線・ケーブルの歴史は存外古いですが、その歴史を伝える書物等は多く存在していない。報告書では日本の電線・ケーブルの歴史を伝える稀有な書物である JCMA 編「電線史」からアルミ電線の歴史を引用している。最初のアルミ導体の送電線が 1910 年（明治 43 年）に富士瓦斯紡績の山北～横浜間（神奈川県）に敷設された。その後も、アルミは、主に電力会社が使用する架空送電線に使用されてきた。

JCMA の出荷統計資料によれば、2021 年度のアルミ電線の電線・ケーブル市場におけるシェアは、重量で僅か 4%に止まっており、その内訳は約半分が電力会社向けの架空送電線（ACSR 等）で、残り半分が架空配電線（AI-OC 等）である。

アルミ導体の素材であるアルミ荒引線のメーカーには、アルミニウム線材、富山住友電工、アルミネ等がある。1965 年に大手電線メーカー等によって設立されたアルミ荒引線メーカーの東京アルミ線材が 2012 年 10 月に解散した。電力会社による架空送電線システムの新設や更新による ACSR 需要の低迷が長期に亘って継続すると判断されたからであった。

一方、住友電工は自動車用 WH のアルミ化の進展に対応すべく 2012 年にタイに設立したアルミ荒引線及び自動車用アルミ電線製造会社から、アルミネはアルミ需要全般の拡大に対応するために、同じく 2012 年にベトナムに設立したアルミ荒引線及びアルミ合金ロッド製造会社からアルミ荒引線を輸入している。

アルミと銅の違いを、「特性」、「用途」及び「電線導体として」の比較を行った。アルミの銅との比較における決定的な優位点は、よく知られているように「軽さ」と「安さ」である。

2021 年の世界のアルミ地金消費量は約 6,900 万 t であり、1990 年からの約 30 年間で 3.6 倍に増加した。一方、銅地金消費量は 2,500 万 t で、その伸びは 2.3 倍と、アルミに比べて小さい。アルミ消費量も銅消費量も増加し続けているが、同時に銅からアルミやその他の素材へ

の代替も進んでいる。

アルミと銅の比較では、更に「価格と価格差」、「可採年数」、「リサイクル率」について考察し、アルミと合金アルミの主な「用途」、「化学成分」、「特長」を整理した。

どのような電線・ケーブル品種で、銅からアルミへの代替が進んでいるのかを調査した。

昨今、空調機器業界ではエアコン等の空調設備に使用される銅のアルミへの代替が急速に進展しているが、電線・ケーブル業界では、そのような急速且つ劇的な変化は見られない。

2017年に、英国の調査会社 CRU が 2015 年頃から話題になっていた「電線アルミ化」に関連して、アルミ化が進みそうな電線・ケーブル品種について、「ユーザー数」、「最終製品数」と「代替の早さ」の関係を示した資料を提供した。そこでは、電力用地中ケーブルと自動車用 WH が「代替が早い」とし、ビル用配電ケーブルと巻線が「緩やか」と結論付けたが、日本の場合は、電力会社による地中送配電ケーブルのアルミ化の動きは見えない。

特に電線アルミ化について調査した品種は「電力用送電ケーブル」、「電力用架空送電線」及び電力用架空配電線（以上電力部門）、「建設用配電ケーブル」（建設・電線販売部門）、「自動車用 WH」（自動車部門）、「巻線」（電気機械部門）と、「その他のアルミ電線・ケーブル及び線材」である。因みに電力用送電ケーブルには、地中ケーブルと海底ケーブルがある。電力用送電ケーブルでは、特に経済産業省（以下 METI）及び電力広域的運営推進機関（広域機関）による「北海道～関東圏間高圧直流（HVDC/High Voltage Direct Current）海底ケーブルプロジェクト構想」に使用される海底ケーブルについて調査した。報告書における最大の関心事の一つとして、“このプロジェクトに使用される超長距離海底ケーブルの導体が銅になるのか、アルミになるのか”があるが、現段階では銅導体の DC±525kV 海底 CV が前提で話が進められている。2021年3月に始まった METI の「長距離海底直流送電の整備に向けた会」は、2022年4月に開催された第6回検討会で終了した。検討会資料を見てもケーブル敷設ルート等のケーブル設計に必要な要件が何一つ明記されていない。

「その他のアルミ電線・ケーブル及び線材」では、電気鉄道用の饋電線及び饋電吊架線（きでんちょうがせん）、キャブタイヤケーブル、建設・電線販売市場で 600V CVT と競合するバスダクト、電気自動車での採用が進んでいるブスパー、ドローン用電線、溶接ワイヤ、ボンディングワイヤ及び電線の線材としても使用される銅クラッドアルミ線、アルミ被覆鋼線等を紹介した。

報告書では、世界の主要電線・ケーブル生産国の「絶縁電線・ケーブル」におけるアルミ率及び米国、中国、韓国、欧州のアルミ電線の普及状況を紹介した。

2017年の Integer のデータによれば、主要国 9ヶ国のアルミ率の平均は 13%であり、アルミ率が高い国は、インド（41%）、米国（16%）で、アルミ率が低い国は、中国（4%）、日本

(5%)、韓国(7%)となっている。ここでいうアルミ率は導体の重量比率であるが、アルミは銅の半分程度の重量で代替が可能のため、長さ比率では重量比率の約2倍になる。例えばインドの場合、電線長でいうと、約82%がアルミ電線であるといえる。

アルミ化が進んでいる国と進んでいない国では、夫々の背景や要因が異なっている。

日本で電線アルミ化が進まない理由を考えてみた。

絶縁電線・ケーブルのアルミ率が低い国で、アルミ化が進まない理由には、

- (1) 新しいことに取り組む際の保守的で凝り固まった姿勢
- (2) 接続技術や接続部品等の専門的技術の欠如
- (3) 電線の性能低下への懸念
- (4) 安全性の問題に対する危惧
- (5) ケーブル仕上外径が大きくなること
- (6) 最終製品又は建設プロジェクト全体におけるコスト低減インパクトの弱さ
- (7) 接続部品の価格が高価
- (8) 竣工後の保守コストの高さ

等が挙げられるが、これらは全てのアルミ電線・ケーブルに共通している訳でもなく、「製品」、「市場」及び「プロジェクトの大小」等によっても異なるが、これらの内の幾つかは日本の場合に当てはまる。特に、ビル・マンション等に使用される建設用配電ケーブルでは、(5) ケーブル仕上外径が大きくなるのが、アルミ電線が採用され難い最大の理由のようである。

日本で、将来的に見て絶縁電線・ケーブルのアルミ化が進むかどうか纏めた。

建設市場では、一部の建設用配電ケーブルメーカー及びその販売会社が、メガソーラー、ビル・工場等向けの AI-CV、AI-CVT の販売に注力しているが、2021 年度の建設用配電ケーブルのアルミ率は、出荷量・出荷額共に 0.2%台と低迷している。

電力市場では、電力会社が地中送配電ケーブルのアルミ化を進めているという話は聞こえない。実際、地中送電線工事業者の話でも、アルミ導体の送配電ケーブル工事の実績は殆ど無いという。一方で、無電柱化(電線地中化)工事では、アルミ架空配電線がその対象になった場合、銅導体の CVD や CVT、CVQ 等の地中配電ケーブルに置き換えられるため、架空配電線に AI-OC 等のアルミ電線を使用している電力会社の管内では、電線地中化工事が進捗するに連れて「負のアルミ化」が進むことになる。

自動車市場では、JCMA 出荷統計によれば、2021 年度で輸送用電線(自動車用電線等)のアルミ率が 3.6%になった。今後数年間はアルミ率の増加が続くことが予想されるが、2022 年 5 月に、古河 AS が、アルミよりも更に軽量で、電気抵抗の低減が期待できるカーボンナノチューブを使用した自動車用電線を早ければ 2030 年にも実用化すると発表している。

JCMA が 2022 年 11 月に発表した 2026 年度の電線・ケーブル需要見通しでは、アルミ電線は、内需部門 24 千 t（電力部門 17 千 t、その他内需部門 7 千 t）、輸出部門 6 千 t、合計 30 千 t（2021→2026 年の CAGR 2.6%）であり、電力部門の再生可能エネルギー発電の進展に伴う大型連系線の増強及びビル用ハーネス、自動車用 WH のアルミ化による需要増を見込んだという。

2. サーキュラーエコノミー時代におけるスクラップ争奪戦への対応

(桜井 文隆 元主任研究員)

異常気候・環境問題の頻発を背景に地球温暖化対策の一つにリサイクルの強化が叫ばれている。先進国の銅製錬所ではカーボンフットプリント削減と中国の電気銅増産による銅精鉱の TC/RC 低下による収益性低下に対応するため、E-Scrap に代表される銅スクラップの増集荷・増処理に注力している。増集荷政策の一環として発展途上国での環境・健康・人権の保護を名目に、2025 年にはバーゼル条約の改正、E-Scrap 等の貿易に対する規制強化が決定している。発展途上国で E-Scrap 等の低品位銅スクラップを前処理して粗銅として輸入する中国やインド等への欧州・米国からの E-Scrap 等の流出が減少すると想定されている。投資に対して保守的な欧州の銅製錬会社でも、これを好機として捉えて欧州・米国で年間 32 万トン以上の E-Scrap 等の増処理を一斉に開始している。今後、更に増処理する可能性が高い。2025 年のインドネシアでの年間 60 万トンの電気銅増産と 2023 年以降の中国の輸入電気銅の減少により、アジア圏での電気銅の輸出環境が悪化する見込みである。一方、日本では人口減少が継続しており国産 E-Scrap 発生量の減少が想定されている。2025 年は日本の銅製錬事業にとり大きな転換点になる可能性が高い。

1. EU の動向

(1) 概要

EU 域内での雇用確保、サプライチェーンの短縮化、廃棄物輸出の削減、そして資源安全保障を EU は推進している。リサイクル分野では中国、日本、インドの E-Scrap 市場から排除、欧州・米国の E-Scrap 市場の確保を図っている。E-Scrap 処理の収益性を出来るだけ毀損しない仕組み・枠組みを政官財が一丸となって構築しようとしている。

(2) E-Scrap 市場

E-Scrap の発生・処理の状況をまとめると、中国が世界の 41%程度、日本が 11%程度、インドが 12%程度を処理している。2025 年前後に E-Scrap 等を $320+\alpha$ [kT/Y] 増処理する欧州勢にとって、中国、日本、インドへの E-Scrap の流出防止が重要な課題である。

(3) バーゼル条約

発展途上国での環境・健康・人権問題に発生防止のために、全ての E-Waste(電子機器本体・部品・処理に伴う廃棄物)を Basel 条約の規制対象とする改正を 2025 年に施行する。E-Waste を中古品として取り扱う抜け道はあるが、E-Waste の貿易には輸入国と通過国への事前の告知と同意 (PIC: Prior Informed Consent) が必要になる。実質的な貿易禁止である。

欧米の E-Waste を輸入して処理するインド、発展途上国で E-Waste を前処理して粗銅として輸入する中国へのE-Scrap 流出防止策である。

(4) OECD 協定

OECD 加盟国間では E-Scrap をグリーンリスト対象品とし、OECD 加盟国間ではバーゼル条約の手続きを不要としている。当然、EU はバーゼル条約改正の機会に本協定の修正を試みる可能性が高く、本協定の維持が日本には大変重要である。尚、中国とインドは非 OECD 加盟国である。

2、日本の対応

日本の人口減少へ対応するために生産性・収益性の向上、カーボンニュートラル化、そして資源安全保障が叫ばれている。銅製錬を取り巻く経営環境も厳しくなり、産業構造の転換を迫られている。

これまでは低金利資金を潤沢に供給し、産業構造の転換を各企業の自主性に任せていたが、効果を発揮していないのも事実である。

(1) 日本の銅製錬を取り巻く環境

以下に日本の銅製錬を取巻く事業環境の変化を示す。EU の仕組み・枠組みを活用した E-Scrap 等の困り込み、電気銅の輸出環境の悪化、そして人口の高齢化と減少と日本の銅製錬を取り巻く環境は悪化している。

2022 年：中国の輸入電気銅が減少を開始

ロシア・資源国からの輸入を優先時には日本の 200[kT/Y]の輸出は消滅

2025 年：インドネシアが電気銅を 600[kT/Y]増産

新銅製錬所 550+PT. Smelting42[kT/Y]

アジアでの電気銅市場の競争激化

2025 年：改正バーゼル条約施行

E-Scrap 貿易への規制強化

欧州勢がE-Scrap 等を 320[kT/Y]処理する設備を稼働

2050 年：2030 年に 1.17 億人の日本の人口が 97 百万人に減少(「総人口」、内閣府 HP)

(2) 産業構造の転換

①国内生産体制の変更

電気銅輸出の撤退により採用が困難化した人材の有効活用、企業イメージと採算性の改善等の効果が期待出来る。その検討例を表-1 に示す。

表-1、銅製錬の生産体制の検討例

項目	原料			販売								
	銅精鉱		スクラップ	電気銅			硫酸			スラグ		
	自山鉱	買鉱		内需	輸出	合計	内需	輸出	合計	内需	輸出	合計
現状	500	700	400	1,000	600	1,600	1,400	3,000	4,400	800	1,900	2,700
輸出無	500	100	400	1,000		1,000	1,400	800	2,200	800	550	1,350

(出典)MERIJ作成

②海外展開

国内人口と廃家電発生量の減少、E-Waste 貿易への規制強化が進行している。これまで日本の銅製錬所は既存の銅製錬所を有効的に活用し、E-Scrap を効率的に処理していた。今後は経営資源を活用した事業規模の拡大には E-scrap リサイクル事業の海外展開を検討する段階である。回収した銅分を日本へ粗銅として輸出するか、海外で電気銅として販売する選択肢がある。

以上

IV. 非鉄金属の基礎知識

2.3.3. 非鉄金属資源の選鉱

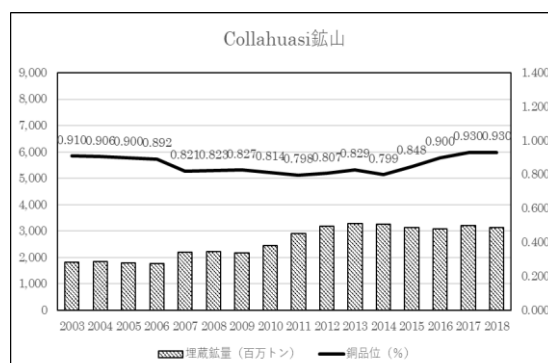
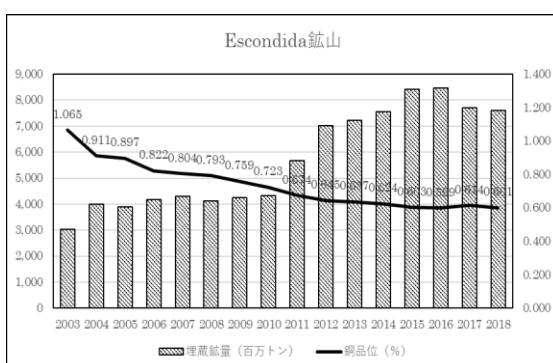
前回は技術関係の概要から尾鉱処理を紹介したが、7号では選鉱が当時抱える問題について掲載する。

(3) 選鉱技術の課題

① 鉱石の変化への対応

各鉱山で扱う鉱石の構成は異なる。さらに同じ鉱山であっても採掘箇所や深度により鉱石の構成は変化する。同じ銅鉱山であっても、地表近くの孔雀石（理論銅含有率 57.5%）などの酸化銅鉱主体の酸化銅帯（SX-EW 溶媒抽出で電気銅を生産）、輝砷鉱（理論銅含有量 79.9%）や斑銅鉱（理論銅含有量 63.3%）などの二次富化帯、黄銅鉱（理論銅含有量 34.6%）など中心の初生黄銅鉱帯など鉱石の構成は変化する。鉱石の変化に応じて粉碎の程度、pH の調整、試薬の添加量の増減などを選鉱操業は変化させる必要があり、現在ではオンライン分析機など活用して、変動の方向性から選鉱条件をコントロールする計装技術が重要となっている。

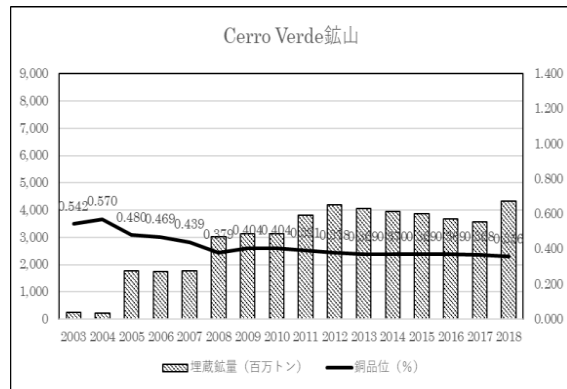
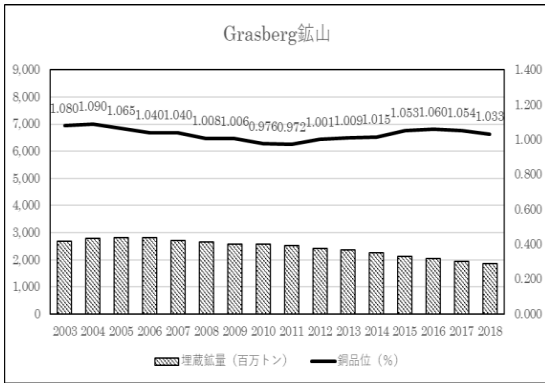
銅鉱山では一般に深部に向かうほど、初生鉱が増え、粗鉱品位、精鉱品位共に下がる傾向にある。キャッシュフローの観点からも、高品位の部分から優先的に採掘を進めるのが常套手段であることも品位低下の一因である。図 2-3-3-12~2-3-3-19 に主要銅鉱山の埋蔵鉱量と銅品位の推移を示す。データは、各社のアニュアルレポートをベースとしており、埋蔵鉱量（Ore Reserves）は確定鉱石埋蔵量（Proved Ore Reserves）と推定鉱石埋蔵量（Probable Ore Reserves）の合計としている。



(出典) BHP Billiton、Anglo America plc アニュアルレポート 2008-2018, S&P Global

図 2-3-3-12 Escondida

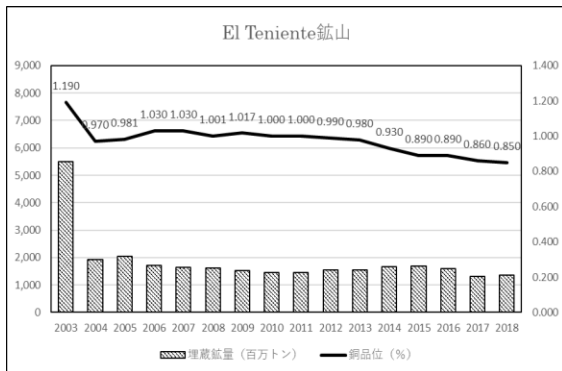
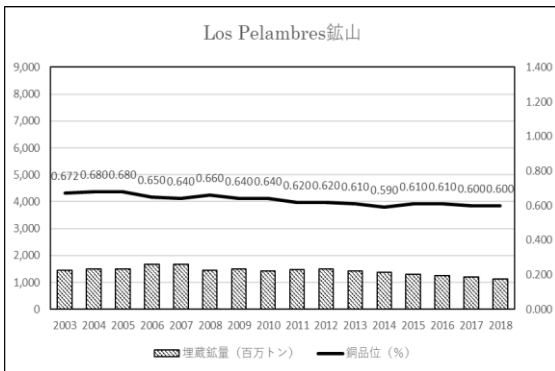
図 2-3-3-13 Collahuasi



(出典) Freeport-McMoran Inc. アニュアルレポート 2008-2018, S&P Global

図 2-3-3-14 Grasberg

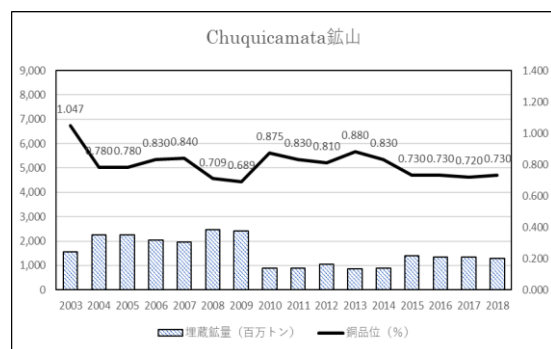
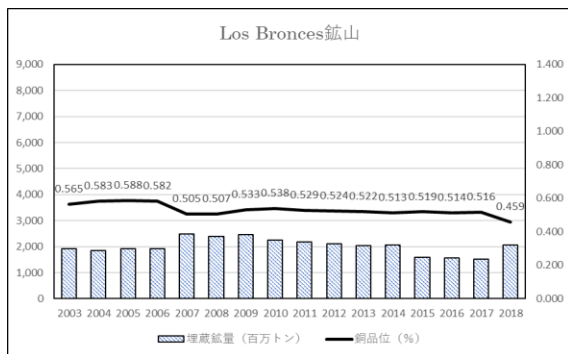
図 2-3-3-15 Cerro Verde



(出典) Antofagasta Plc. Codelco アニュアルレポート 2008-2018, S&P Global

図 2-3-3-16 Los Pelambres

図 2-3-3-17 El Teniente UG



(出典) Anglo America Plc. Codelco アニュアルレポート 2008-2018, S&P Global

図 2-3-3-18 Los Bronces

図 2-3-3-19 Chuquicamata UG

鉱山によっては、埋蔵鉱量と銅品位が急激に変わる年がある。例えば、図の 2-3-3-12 の Escondida 鉱山は、2010 年から 2012 年にかけて、銅品位が大きく落ちているが、埋蔵鉱量が大幅に増えている。これは採掘対象銅品位（カットオフ品位：（注）参照）を下げて採掘対象鉱量（埋蔵鉱量）を増やしたと推定される。

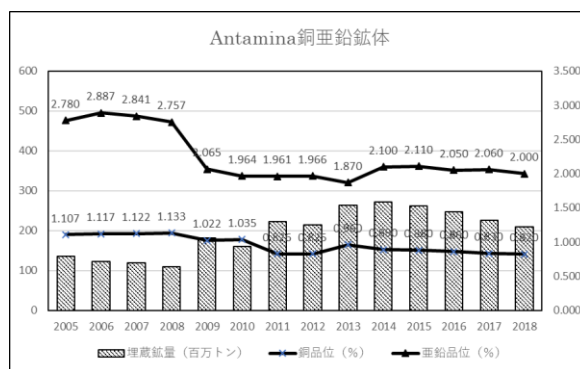
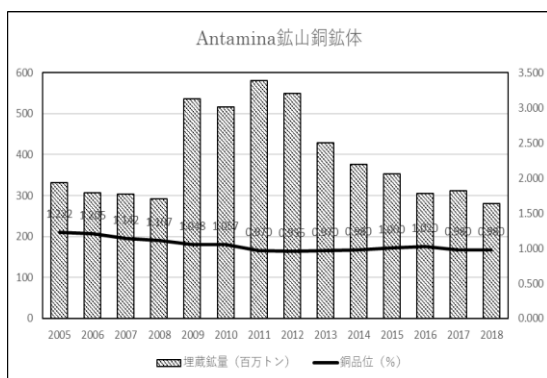
（注）カットオフ品位

埋蔵鉱量とは、元々経済的に採掘可能な鉱量であり、銅鉱山であれば、銅の価格や鉱山の操業費用が変動すれば、採掘対象鉱量も変化する。例えばある銅価格で、銅品位が 0.5%以上あれば経済的に採算が合う場合には銅の品位が 0.5%以上の鉱体を採掘対象とし、0.5%未満の部分はズリとして処理する。銅の価格が大幅に上昇すれば、例えば銅品位 0.4%の石も採掘しても採算が取れるために、ズリではなく鉱石になり、採掘対象鉱量が増え、鉱山ライフが伸びる。この採掘対象を決める品位をカットオフ品位と言う。ただし、例えば金を含む銅鉱山であれば、銅と金の含有価値の総和で対象鉱量が決まる。

埋蔵鉱量と品位は、銅価格などの経済的な要素によっても変化するが、露天掘り鉱山では深部に向かうほど、一般に銅品位の低下が見られる。

上記 6 鉱山では El Teniente 鉱山だけが坑内掘り（UG: Under Ground）であるが、Los Bronces 鉱山と Chuquicamata 鉱山は露天掘りから坑内掘りに移行する計画である。採掘法の移行に伴い、採掘対象鉱量と品位が変化する可能性もある。

ペルーの Antamina 鉱山は銅鉛亜鉛の複雑鉱の鉱山であり、埋蔵鉱量も銅鉱体と銅亜鉛鉱体と分けて管理されている。銅精鉱と亜鉛精鉱はそれぞれ分離されて、同じ 1 本の精鉱パイプラインで交互に港近くの脱水場に輸送されている。図 2-3-3-20 と図 2-3-4-21 に Antamina の銅鉱体、銅亜鉛鉱体の確定埋蔵鉱量と品位を示す。採掘品位はどちらも下落傾向にある。



（出典）Rio Tinto アニュアルレポート 2008-2018

図 2-3-3-20 銅鉱体

図 2-3-3-21 銅亜鉛鉱体

鉱物の組成からみても粗鉱の銅品位低下は、銅精鉱中の銅品位の低下と鉄と硫黄の増加を伴う場合が多い。鉄の増加はスラグ発生量の増加を、硫黄の増加は硫酸の発生量増加を生じさせる。スラグ、硫酸共に外販先の確保が課題となる。選鉱過程での課題としては黄銅鉱と似た挙動を示す黄鉄鉱を浮選工程で除去できれば銅精鉱の鉄、硫黄の削減に繋げることが可能となる。

② 消費エネルギー

鉱山で電力消費が多いのは選鉱工程であり、特に粉碎工程の電力消費が多い。S&P の推定では、Escondida 鉱山の山元コストの内、選鉱の電力コストが約 20%を占めている。過剰粉碎を避けることが重要であり、磨鉱工程で SAG ミルに代わって HPGR を採用する傾向も電力消費削減の方策の一つである。

BHP Billiton PLC は、チリの Escondida 鉱山と Spence 鉱山の操業に用いる電力について、2020 年代半ばまでに再生可能エネルギーに全面的に切り替えることを目指している。

③ 選鉱用水の確保

ペルー南部からチリにかけて多くの鉱山が存在するが、砂漠地帯もあり用水の確保が重要な問題となる。鉱山で使用する用水を海水の淡水化によって賄う、あるいは淡水化した海水をバーターで鉱山下流の農業地区などに提供する動きが広がりつつある。また、インドネシアの Batu Hijau 鉱山では、海水浮遊選鉱を実施している。

2015 年に商業生産を開始したシエラゴルダ銅鉱山では、海洋から取水して 140Km のパイプラインで山元まで送水した海水をそのまま浮遊選鉱に使用している。モリブデン浮選用水などのために、山元にある淡水化プラントで海水から得た純水を用いている。今後のチリの新規鉱山では用水の確保は極めて難しく、海水利用が必須である。

また、尾鉱堆積場の上澄水をポンプアップして、選鉱用水などに使用する Zero Discharge の適用もされてきている。

④ 尾鉱の管理

廃滓堆積場の管理は、鉱山操業中も閉山後もオーナーの責任となる大きな課題である。廃滓ダム設計自体は土木技術者の役割であるが、廃滓 (Tailing) のサンドとスラリーの分離は選鉱工程で生じ、サンドがダムの堰として使用されることも多く、サンドのスラリーの発生量を試算するのは選鉱技術者の役割となる。

近年でもカナダ (銅鉱山)、ブラジル (鉄鉱石鉱山) などで廃滓堆積ダムの決壊事故があり、従業員の生命、地域の環境に対して大きな社会問題となっている。

[近年の廃滓ダム決壊の例]

2014年8月、カナダ Imperial Metals 所有の Mount Polley 銅・金鉱山の廃滓堆積場の決壊事故では 10 百万 m^3 の水と 4.5 百万 m^3 のスラリーが流出したとされている。

2015年11月、ブラジルSamarco 社 (Vale とBHP Billiton が株主) の Mariana の鉄鉱山の廃滓堆積場の決壊事故では、43.7 百万 m^3 の廃滓が流出、約 200 家屋が破壊され、死者は 19 名に達した。

2019年1月、ブラジル Vale 所有の Brumadinho 鉄鉱山の廃滓堆積場の決壊事故で 12 百万 m^3 の廃滓を流出させ、2019年11月現在で死者 256 名、行方不明者 14 名に達する大惨事となった。この尾鉱堆積場の決壊事故を契機として、世界の資源メジャーや日本の非鉄鉱山会社などで構成する International Council on Mining & Metals (ICMM) では、尾鉱堆積場の安全基準を見直す動きが出てきている。

⑤ 選鉱技術者の育成

世界は資源で覇権を握ろうとする動きがあり、中国のレアメタル資源の困り込み、欧米の資源メジャーの合併、買収による資源の寡占化が進む中、資源を持たない日本は、海外から安い資源を購入し加工する立場から、自ら海外の鉱山開発に関与せざるを得ない立場に変わりつつある。関与の仕方としては、直接鉱山経営をするだけでなく、融資やマイナー投資もあるが、案件の適切な評価ができなくてはならない。評価をする上でも、鉱山の主な販売物である精鉱を製造する立場の選鉱技術者の役割は極めて大きい。

選鉱技術は、破碎、粉碎、分離（浮遊選鉱）、分級、凝縮、沈降、脱水など物理学、化学、計装など多岐にわたる知識と現場経験の必要な技術と言える。残念ながら日本国内では 2001 年に三井金属の神岡鉱山が閉山し、2006 年には日鉱金属（現 JX 金属）の豊羽鉱山が操業休止し、日本国内には石灰石山を除くと、菱刈金鉱山しかフル操業の鉱山はない。菱刈鉱山では金鉱石をそのまま東予工場へ搬出しており、選鉱工程は持たない状態であり、選鉱技術者が現場経験を積める場が国内にほとんど存在しない。また大学の工学部においても資源と言う名称のある学科はほとんどなく、選鉱専門の講座、授業も極めて限られている。海外の投資先鉱山を研修の場として利用するなどして、現場経験を積むと同時に海外で外国人技術者やコンサルタントと協業する、あるいはマネージメントする技術を学ぶ必要がある。

一方選鉱技術は実鉱山の現場だけではなく、都市鉱山と言われる金属のリサイクル分野でも、その前処理工程で選鉱の分離技術は非常に有効である。